

「既存大型ペレットストーブの小型化改良及び電気不要ペレットストーブの改良商品化」 株式会社コスモテック

1. 事業実施の目的

当社は 5 年前からペレットストーブを開発試作してきたが、2 年前に秋田県と福島県に大型のペレットストーブを納品した。昨年にはそれらの改良を実施する傍ら、電気不要のペレットストーブを開発した。

当社のペレットストーブは燃焼効率が格段に良好であり、現状で最も普及している石油ファンヒーターに替わる商品を目指している。既存大型ペレットストーブを小型化し、より商品性を増すとともに、既存電気不要ペレットストーブの問題点を改善し、より実用的なものに改良することを目的とする。

2. 事業実施目標

A. 既存大型ペレットストーブの小型化

- ① 当社商品のペレットストーブ、W690×H732×D(奥行)482、86kg に対し、目標を W560×H720×D(奥行)482、60kg とし、体積で▲42ℓ (▲17%)小型化、質量で▲26kg(▲30%)軽量化を狙う。
- ② 上記小型軽量化を実現しながら、燃焼皿の大きさ、燃料タンク容量は同等とし、当社大型商品と同等の燃焼性能、機能を実現する。
- ③ 燃焼性能向上として燃焼効率は現行と同等、それ以上の $\eta \geq 0.7$ を目標とする。(当社算出方式)

B. 電気不要ペレットストーブの改良

- ① 既に燃焼実験用としてサイズ W420×H620×D(奥行)500 のプロト機をもっており、安全性と品質確保のため若干前後するが、サイズ目標として W500×H650×D(奥行)500 を狙う。
- ② 安定した燃焼と、使い勝手を含めた実用性を確保する。
- ③ 燃焼効率は現段階では不明だが、電気式と同等の $\eta \geq 0.7$ を目標としたい。

3. 事業実施概要

(1) 目標の達成のために実施した内容

A. 大型ペレットストーブの小型化

- 1) 大型機と同じ燃焼構造(*1)を踏襲し、燃焼皿サイズ、燃料タンクサイズを 同等のまま軽量小型化を実現した。具体的には下記項目に留意した。
 - ①燃焼室以外の部位での隙間寸法の見直し、②板厚の見直し、③板組み構造の見直し、
 - ④タンク容量確保のための奥行き見直し

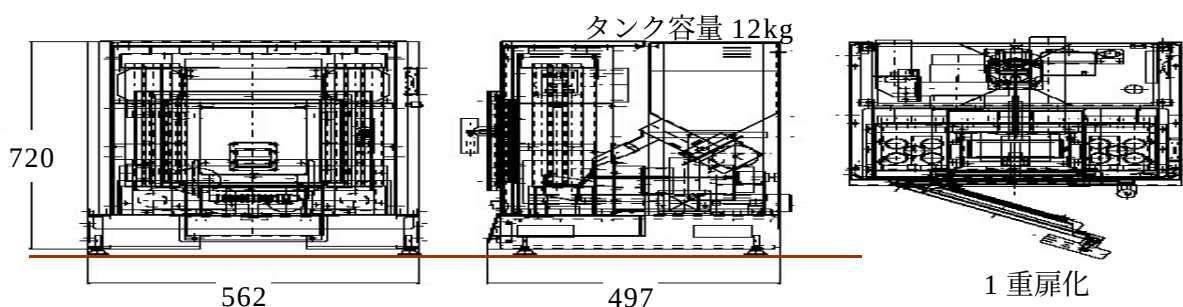


図 1. 小型ペレットストーブ(PS)構造図 煙管熱交換型 2 次燃焼方式、強制給排気型(FF)

2) デザイン的改良点として、下記項目を加えた。

- ①大型機の 2 重扉を廃し、1 重扉とした
- ②前側面の角を落とし、デザイン的にもコンパクト感を強めた
- ③操作パネルを前面下部から右側面に移動し、熱対策と操作しやすさの向上を図った
- ④操作スイッチデザインも改良し、煩雑さを低減した

3) 実機を 3 体製作し、2 ケ所の拠点で燃焼実験を進め、課題を抽出した。主な課題を以下に示す。

- ①燃焼のバラツキ、②着火不良、③再着火時のペレット落下量過多、
- ④ペレット供給スクリュ部のペレット詰り、⑤煙突配管仕様に伴う吸気量と制御のアンバランス、
- ⑥灰落とし操作の煩雑さ、等

4) 課題を図面と部品改修に反映し実機を改修。実験で性能を確認した。

対策として、下記を実施し実機による課題解決を確認した。

- ①ペレット供給制御パラメータの見直し、②煙突配管仕様との制御パラメータの見直し、
- ③ペレット供給スクリュ部の形状変更、④灰落とし機構の設計変更、等

(*1) 「燃焼室脇に高温排気が下降する複数の煙管を設け、その煙管を利用して室内吹き出し風と熱交換する独自構造を踏襲し、下方からの温風吹き出しを確保 (PAT.)

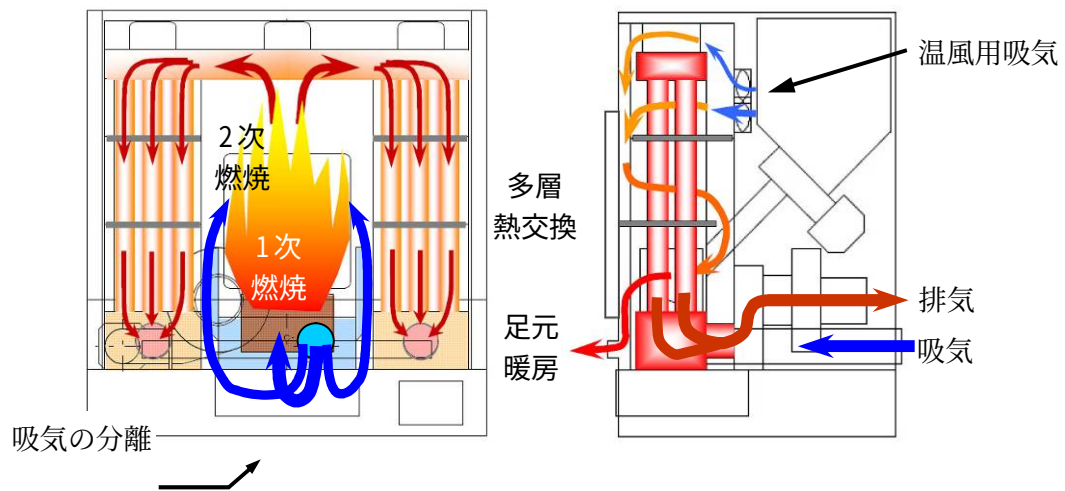
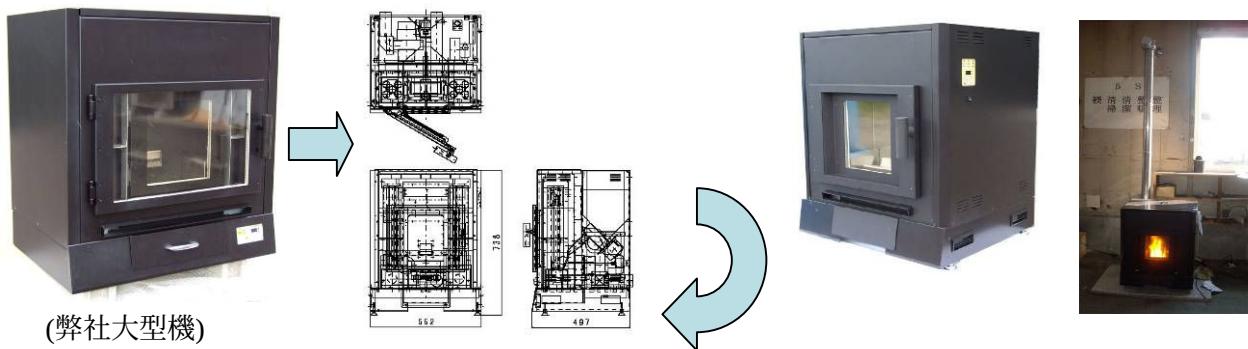


図 2. 小型 PS：熱交換のしくみ 垂直煙管を使用した熱交換方式 (PAT.)

① PS の小型化設計

② 小型 PS の製作と実験による課題の抽出



④ 改造小型 PS の性能確認試験

③ 小型 PS の改造



図 3. 電気式ペレットストーブ小型化開発の流れ

B. 電気不要ペレットストーブの改良

- 1) 構造は燃焼実験用プロト機と同等とし、燃料タンク容量とタンクから燃焼皿までのペレット供給流れの改善を中心に改良設計を進めた。具体的には下記項目に留意した。
 - ① ペレットタンクとシュータ、シャッタ構造の見直し、
 - ② 燃焼皿構造の見直し、
 - ③ 2次空気導入管径・数、チャンバ穴径・数の見直し、
 - ④ タンク容量確保のためのサイズの見直し
- 2) 実験用プロト機の改造と実機を3体製作し、実機による燃焼試験と性能確認試験を実施し、目標達成を確認した。

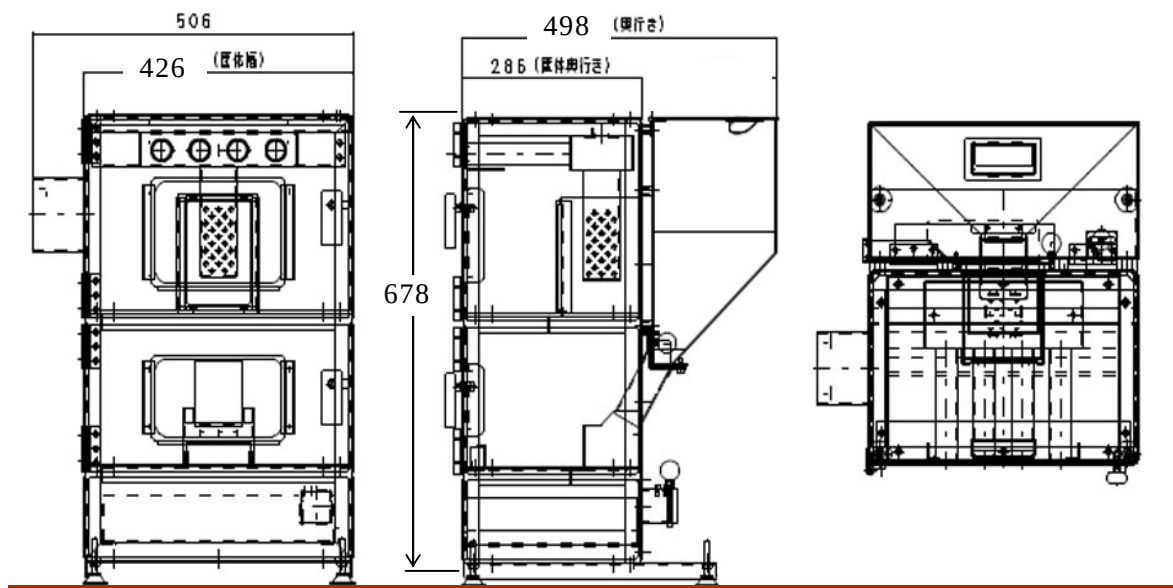


図 4. 電気レス・ペレットストーブ(PS)構造図 輻射自然対流 2 次燃焼方式

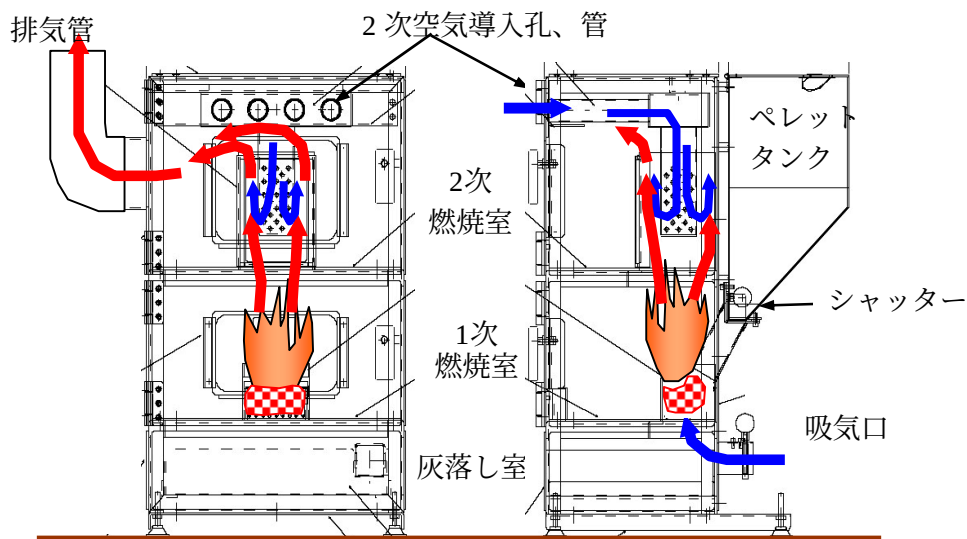


図 5. 電気レス・ペレットストーブ(PS) 熱交換のしくみ

電気レス・ペレットストーブ開発の流れは以下になる。

① 電気レス PS-1 号機の開発



② 電気レス PS-2 号機の開発



③ 電気レス PS-2 号機の改良



④ 電気レス PS-3 号機の開発



図 5. 電気式ペレットストーブ小型化開発の流れ

A&B 燃焼効率について

当初、自前で作成した熱効率算出式を持っており、目標に

A: 燃焼性能向上として燃焼効率は現行と同等、それ以上の $\eta \geq 0.7$ を目標とする。

B: 燃焼効率は現段階では不明だが、電気式と同等の $\eta \geq 0.7$ を目標としたい。

と掲げたが、途中、推定に使う排ガス成分に間違いが発見されたり、中間報告会で自社の算出式を適用するのは問題であるとの指摘をうけたことで、算出式の自前開発を断念し、開発目標から削除して進めた。又、ストーブ性能を問う熱効率と燃焼性能を問う燃焼効率を混同して使う不手際もあった。

燃焼効率については、出力項目の一つに燃焼効率を掲げている排ガス計測器があったので、現状を知る意味で計測を実施した。

(2) 試作・改良した機器の主要仕様

A. ペレットストーブの小型化

開発した小型ペレットストーブの主要仕様を以下に示す。

表 1. 小型ペレットストーブ主要仕様

項目	小型機(開発品)	弊社大型機	備考
燃焼方式	煙管熱交換方式	←	
給排気方式	強制給排気型(FF)	←	
点火方式	電気点火(温風)	←	
筐体寸法	W562×H720×D497	W690×H732×D482	▲18%の小型化
	201ℓ	243.5ℓ	▲42.5ℓ
質量	71kg	86kg	▲15kg(▲17%)
タンク容量	12kg	12kg	
燃料消費(MAX)	2.0kg/h	2.0kg/h	
発熱量(MAX)	8,600kcal/h	8,600kcal/h	
熱効率※	—	—	別途検討中
安全装置	耐震自動消火、点火安全装置 燃焼制御装置、過熱防止装置	←	
その他	ON/OFF タイマー機能(12H)	←	

B. 電気不要ペレットストーブの改良

開発した電気不要ペレットストーブ(電気レス・ペレットストーブ)の主要仕様を以下に示す。

表 2. 電気レス・ペレットストーブ主要仕様

項目	電気レス PS-3 号機(開発品)	電気レス PS-2 号機	備考
燃焼方式	輻射自然対流式	←	
給排気方式	2 次空気導入型自然対流給排気	←	
点火方式	点火剤、紙等での手動点火	←	
筐体寸法	W426×H678×D498 (144ℓ)	W430×H680×D460 (134.5ℓ)	+10ℓ,107%
質量	62.5kg	57.5kg	+9kg
タンク容量	12kg	9kg	+3kg
燃料消費(MAX)	1.5kg/h (ホワイト P 使用時)	1.2g/h (ホワイト P 使用時)	より大きな炎
発熱量(MAX)	6,450kcal/h (ホワイト P 使用時)	5,600kcal/h (ホワイト P 使用時)	より暖かい
熱効率※	—	—	別途検討中
燃料	ペレット全種、薪	←	
その他	電気を使用しない 連続燃料供給機構(8H) 2 次燃焼機能(排ガス浄化) 調理機能(湯沸し,芋,ーブン)	電気を使用しない 連続燃料供給機構(6.4H) 2 次燃焼機能(排ガス浄化) 調理機能(湯沸し,芋,ーブン)	

(※)熱効率は、算出方法に一部誤りがあり中段。今後の課題とする。

→後日、排ガス計測器を使用して燃焼効率を計測。但し、2 次空気導入方式では算出式に不具合があり、適当でないと判断。又、熱効率の算出方法も詳細不明。14,15 頁参照のこと

(3) 本事業によって試作・改良した技術のポイント

A. ペレットストーブの小型化

- 1) 燃焼制御プログラム&操作パネルに、燃焼大、中、小の制御仕様と＋－の微調整を追加
・・・湿度やペレット種類、煙突配管仕様等による燃焼変動に対するロバスト性の向上

(注) ロバスト性→外乱に強い制御のタフさ

- 2) 弊社大型機と同じ燃焼部構造を持たせながら、外板温度に影響させない板組み構造
・・・側板スリットによる冷却、低温部への制御基板移動、等

- 3) 外部から操作可能とした灰落とし機構

- 4) 板厚、板組み変更による小型化（軽量化には更なる工夫が必要）

- 5) 2重扉で燃焼室と温風室を個別に密閉した箇所を1重扉で密閉する構造

(注) 熱収支の観点から実験計測データをもとに燃焼効率算出を試みましたが、中間報告会時の指摘にもあったが、算出過程に誤った部分があり、今回の成果からは除外した。別途検討する予定。

B. 電気不要ペレットストーブの改良

- 1) ペレット落下を阻害しないペレット供給シュータ及びシャッタ構造
- 2) 効果的2次空気導入のための導入管径・数(3個→4個)、2次燃焼チャンバ穴径・穴数の改良
- 3) 高温部位の材質変更(鋼材→ステン材)
- 4) アンクル材、角パイプを曲げ板金に変更することによる低コスト化構造
- 5) 治具を使わない溶接を可能とする板金板組み構造
- 6) 燃焼皿、燃焼フォークのサイズ変更による燃焼(炎)の見せ方

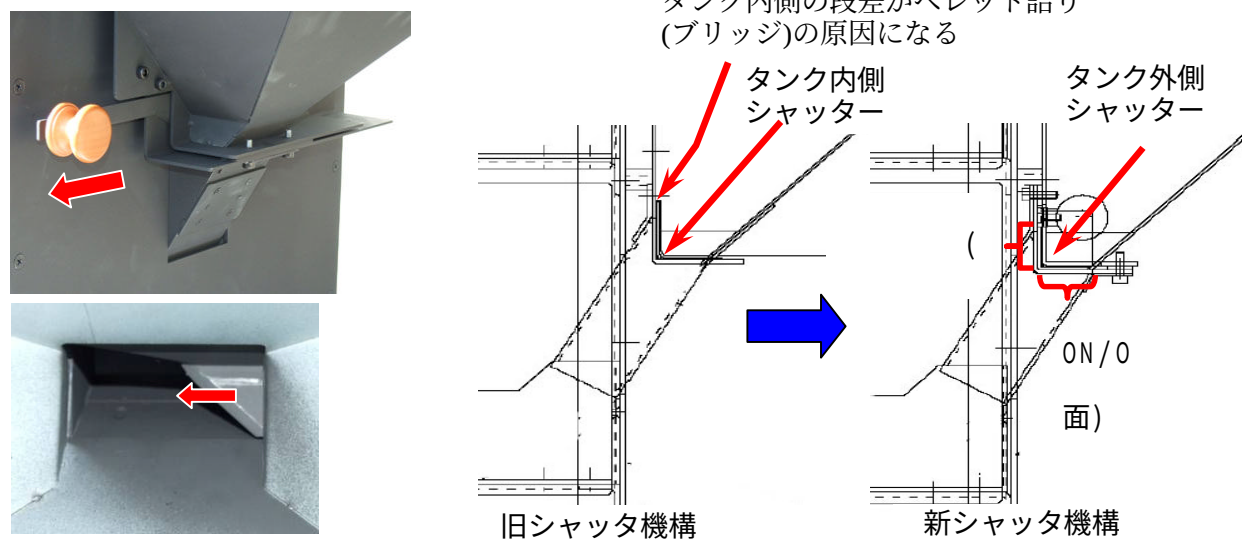


図 6. ペレット詰りを起こさないペレット供給 ON/OFF シャッター新機構

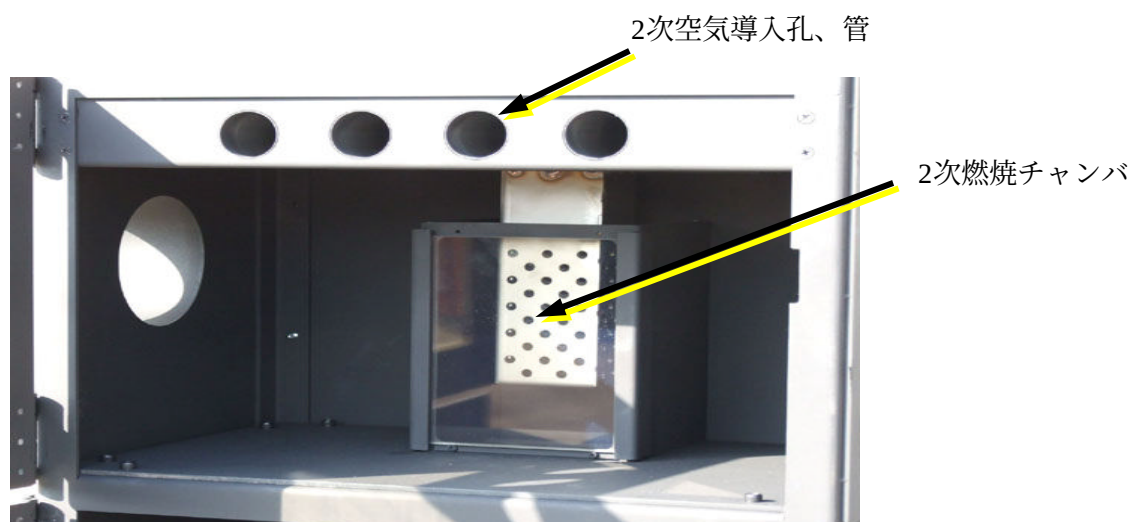


図 7. 2 次空気導入管径・数と 2 次燃焼チャンバ孔径・数の改善

4. 事業実施の成果

(1) 工場試験の方法、経過、及び結果

A. ペレットストーブの小型化

小山工場内で下記燃焼試験、制御動作確認試験、計測試験を実施した。

1) 連続燃焼や下記の各種運転モードでの動作確認試験

(着火、自然消火、再着火、燃料切れ、緊急消火、温度異常、等々)判定は、炎の大きさ、ペレット落下タイミング、モード表示切替り状況、消火蓋の落下、等の目視確認や温度センサなどの出力データと照らし合せて制御ロジック通りに動作しているか否かで判定。
結果、制御ロジック通りに機能が働いていること、制御パラメータ値が妥当なことを確認した。

2) 連続燃焼時の各部位の表面温度計測試験

筐体の各部の表面温度を非接触温度計測器で計測。
結果は以下で、A 域部位には火傷注意表示が必要。取扱説明書や本体に注意喚起を考えたい。
A 域: 本体上面,前面パネル,扉(除く取っ手),灰トレイ前面は 150～200℃
B 域: 天板カバー,両側面下部,前面スカート部は 50～90℃
C 域: その他は 60℃以下 の温度分布

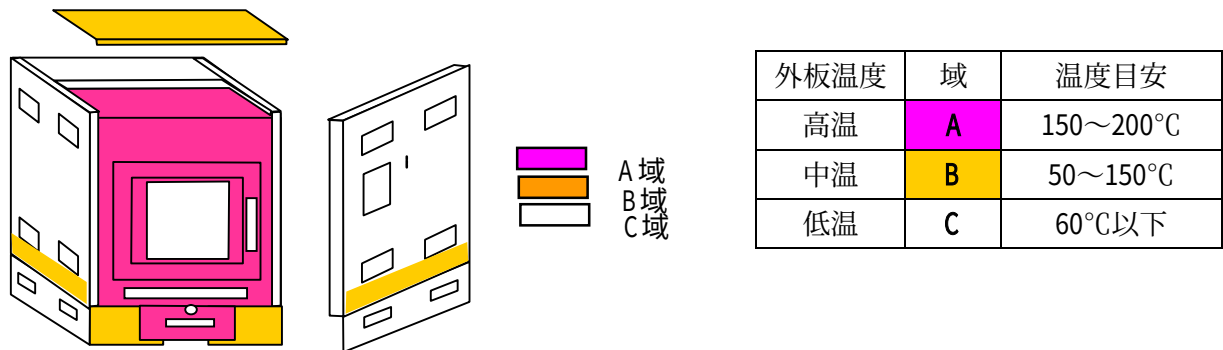


図 8. 小型ペレットストーブ外板温度分布

3) 各種煙突配管仕様(管径、引回し)の燃焼(吸気量)への影響試験

φ106,φ80,φ75,φ60 の煙突を使用し、径、引回しの組合せを変えて燃焼状態を確認した。結果、φ106>φ80>φ75 の順で良好な燃焼状態を確認したが全て OK 評価であった。

φ60 は NG 評価。適用配管仕様の明記と、配管仕様のバラツキを制御側でカバーできる改善を盛り込む必要がある。

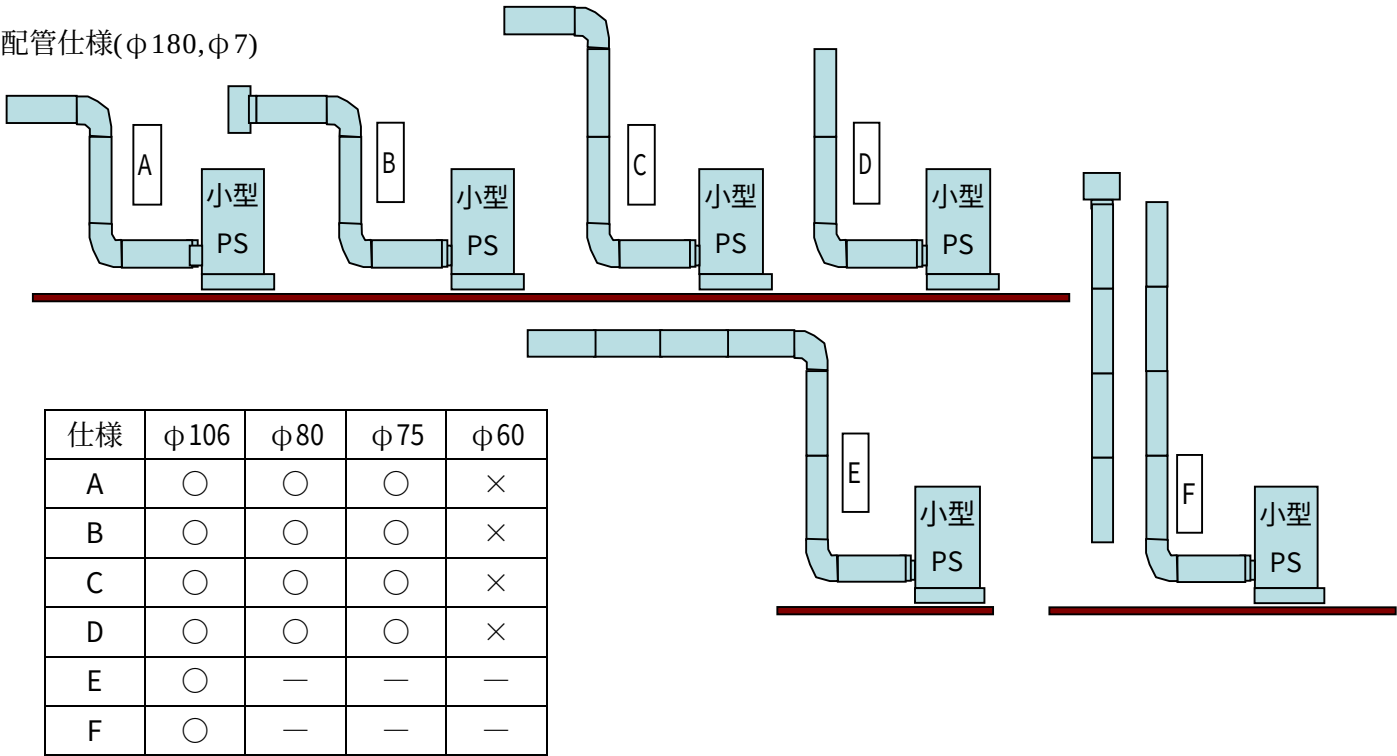


図 9. 小型ペレットストーブ 煙突配管仕様の燃焼への影響

4) 燃焼サイズ(大小)を変えたときの排ガス成分計測試験

燃焼大と小の時の排ガス成分(CO, O₂, 温度)を計測し現象を把握した。

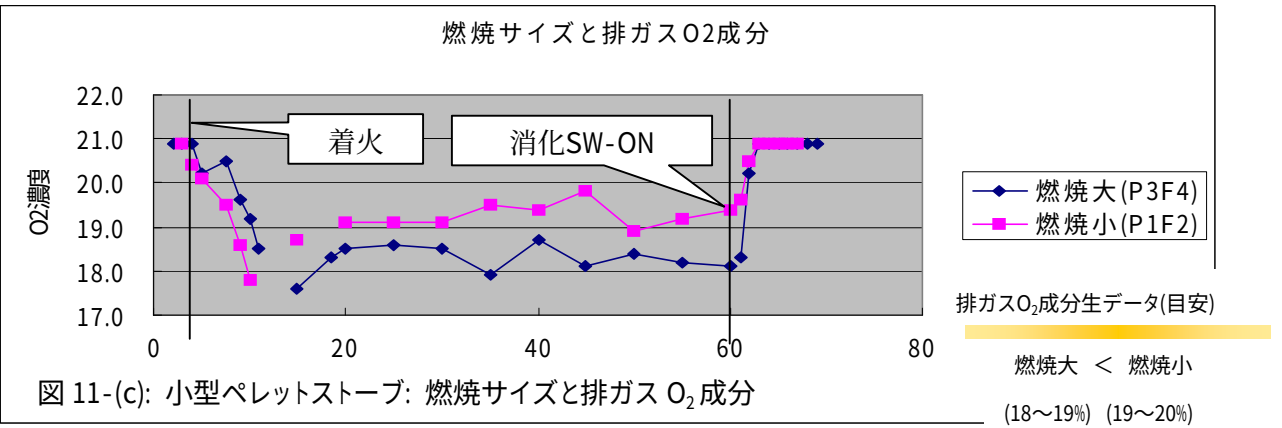
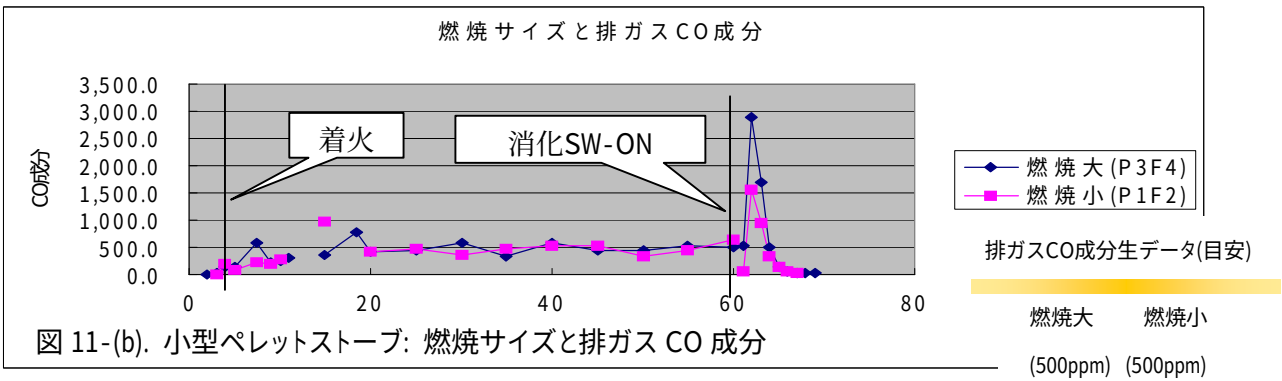
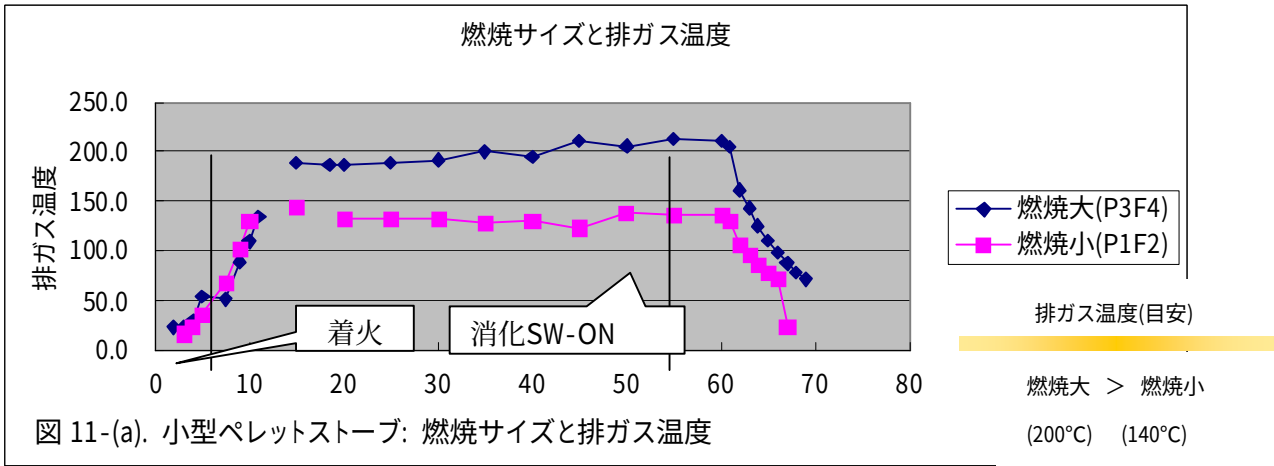
結果、排ガス温度は燃焼大で 200℃前後、燃焼小で 140℃前後。CO 成分は燃焼大小に係らず生データで 500ppm 程度。O₂ 成分は燃焼大の方が消費が大きく 21%→18~19%、燃焼小は 21%→19~20%。

現状確認の実験だが、計測器の使い方が不十分で今回は参考値でしかない。今後の課題とする。



(a) 燃焼大 (b) 燃焼小

図 10: 炎の状態



上記データは着火から安定燃焼を経て自然消化までの一連の燃焼の排ガス成分時間変化である。

消化 SW を押すと、強制吸排気はそのままペレット供給が止まる自然消火モードに入る。

最初の 1 分程度は燃焼が徐々に小さくなり、排ガス温度、CO 濃度、O₂ 濃度はゆっくり変化するが、2 分程度たつと排ガス温度は 210℃から 160℃程度(▲50℃)にまで一気に下がるとともに、CO 成分の急激な上昇(500→3000ppm)、O₂ 濃度の急激な上昇が見られる。詳細は不明だが、消火の初期段階で不完全燃焼域があるようだ。

5) 燃焼時の煙突出口、吸気口、温風出口の温度、風速の計測試験

排ガス成分計測器、温度計、風速計で燃焼中の排気管、吸気管、温風吹出し口の風速と温度、及び排ガス成分を計測。このデータを使用し、熱収支の観点から熱効率算出を試みた。

しかし、排ガス成分割合の想定値や一部の考え方に不備な点が生じたため中断。(指摘事項の一つ)
燃焼効率に関しては JIS や計測器ロジックを調査し、再算出して性能諸元の 1 項目に載せたい。
今後の課題とする。

6) 不具合発生時の再現試験と対策品の効果確認試験

燃焼皿灰詰りや、各種モードでの動作不良、使い勝手改善意見を反映した実機での確認試験を実施した。現象確認後、対策を施し、対策案の効果を確認した。
上記のような試験を実施し、性能・機能改善を確認した。

B. 電気不要ペレットストーブの改良

小山工場内で下記燃焼試験、計測試験を実施。

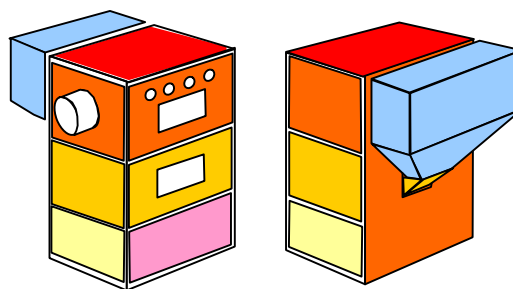
1) 燃焼中の各部の表面温度計測 (一般ホワイトペレットと薪)

筐体各部の表面温度を非接触温度計測器で計測し目安値とする。結果を下図に示す。

- A 域: 天板部が一番高温で、ペレット燃焼で 350℃、薪で 290℃
- B 域: ペレット燃焼で 2 次燃焼室壁 200℃、薪で 1 次燃焼室壁 250℃
- C 域: ペレット燃焼で 1 次燃焼室壁 150℃、薪で 2 次燃焼室壁 200℃
- D 域: タンク、灰トレイ周辺は 50～80℃(但し薪の方が高め)

ホワイトペレットの燃焼

外板温度	域	温度目安
高温 1	A	350°C前後
高温 2	B	200°C前後
高温 3	C	150°C前後
中温	D	100°C前後
低温	E	60°C以下



薪の燃焼

外板温度	域	温度目安
高温 1	A	290°C前後
高温 2	B	220～250°C前後
高温 3	C	200°C前後
中温	D	100°C前後
低温	E	60～80°C以下

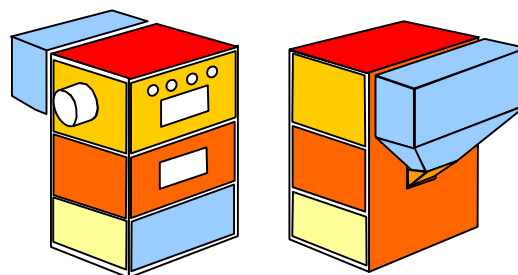


図 12. 電気レス・ペレットストーブ：外板パネル温度分布

2) 燃料消費率計測

タンクに一定量のペレットを入れ、消費時間を計測

結果、燃料消費率を 1.5kg/h、発熱量を 6,450kcal/h とした(ホワイトペレット)

ペレットタンク容量が 12kg なので、タンク満杯にすれば、8H の連続燃焼が可能となる。

3) 薪による燃焼試験

ペレット燃焼皿を除去し、1 次燃焼室内で薪を燃焼させる(着火材使用)

結果、前述の温度分布でも分かるように、1 次燃焼室壁の方が 2 次燃焼室壁よりも高温になった。

(ペレット燃焼の場合は 2 次燃焼室が熱くなる)

4) 2 次空気導入孔の有無と排ガス温度、風速、成分計測、炎観察

前面 2 次空気導入孔を塞ぐ塞がないで排ガス温度、風速、成分を計測。(CO, O₂ は生データ)

結果、排ガス温度は、2 次空気あり(290°C) < 2 次空気なし(320°C)

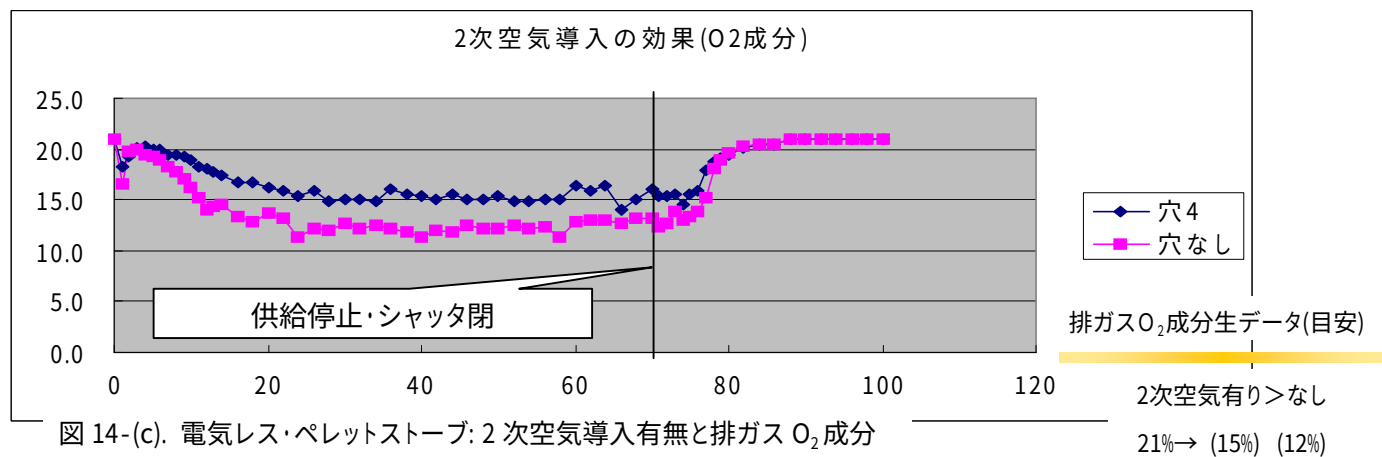
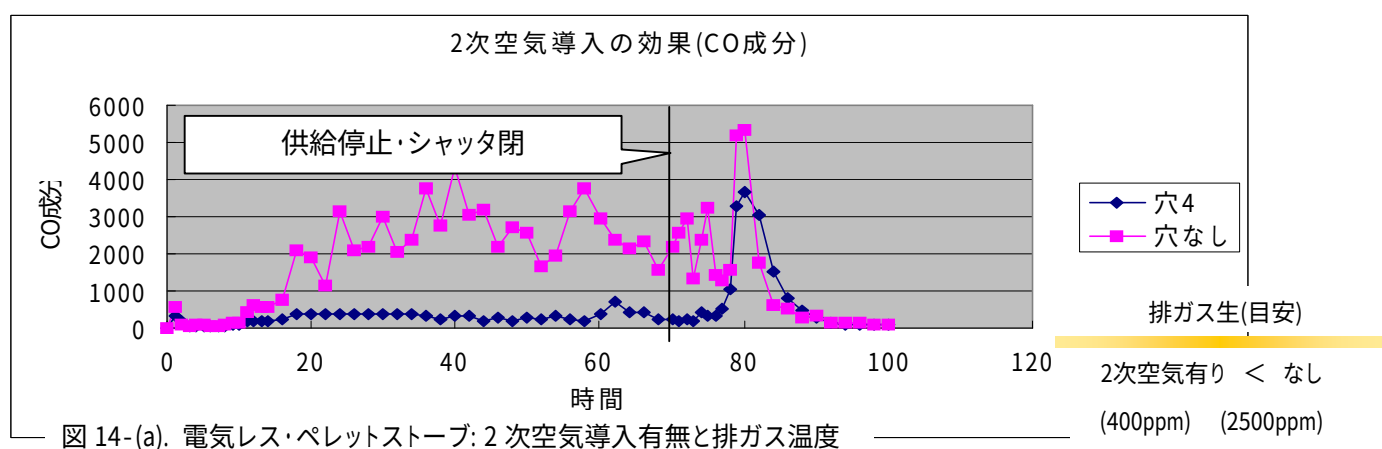
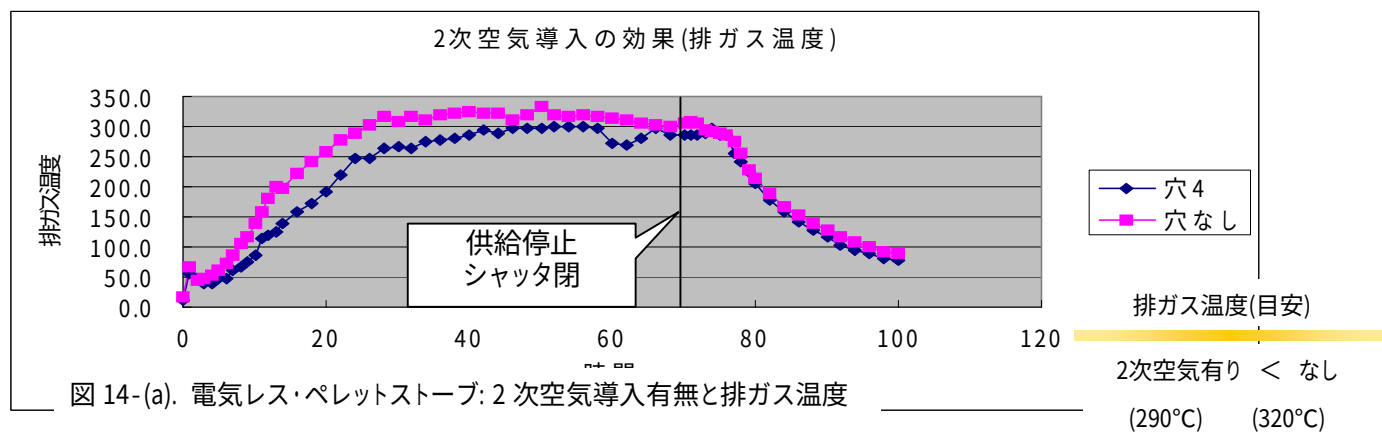
排ガス中の CO 量は、2 次空気あり(400ppm) < 2 次空気なし(2500ppm)

排ガス中の O₂ 量は、2 次空気あり(21%→15%) < 2 次空気なし(12%)



2次空気吐出により炎の泡が発生

図 13. 2 次空気導入孔、2 次燃焼筒の燃焼状態



ペレット供給を止め自然消火の状態を観察すると、小型ペレットストーブと同じように、暫くは通常の燃焼を続けるが、ある段階で急激な排ガス温度低下、CO 成分の増大、O₂ 濃度の回復が見られる。小型ペレットストーブでも同じ傾向があり、現象説明は今後の課題とする。

(2) モニター調査・試験の方法、経過、及び結果

A. ペレットストーブの小型化

本社 (郡山)工場内で一般ユーザとして実用評価試験を実施。

1) ユーザー使用時の問題点洗出しを狙い、通常暖房として使用

工場内での暖房として使用し、問題点発生時に開発部隊に状況報告。

結果、燃焼異常や、ペレット落下異常、ペレット詰り等の異常を洩え、制御プログラム見直し等に貢献した。

2) 意地悪テストの実施

感震センサ動作テスト、停電テスト、燃焼中の扉開閉テスト、スクリュ部

ペレット詰りテスト、燃焼皿ペレットてんこ盛り着火テスト等を実施し、結果を開発部隊に報告。

結果、緊急消化後の排気ファン停止タイミング等の制御見直しに役立った。

3) 使い勝手テストの実施

灰落とし操作、操作パネルの使い勝手評価し、意見を開発部隊に反映。

結果、灰落とし機構の改善、燃焼レベル設定の微調整機能追加などの改善に貢献した。



図 15. 本社実験風景



図 16. いじわるテスト
(ペレットてんこ盛り時の着火テスト)

B. 電気不要ペレットストーブの改良

なし。小山技術室内のみで試験を実施し、本社(郡山)工場では実施せず。

(3) 事業実施目標に対する達成度と評価

A. ペレットストーブの小型化

小型化に関してはほぼ目標を達成したが、軽量化の達成度は十分ではない結果である。燃焼性能に関しては、筐体寸法を小型化にしたものの、燃焼方式や燃焼皿サイズ、タンク容量、ペレット供給量を同等とすることで、ほぼ同じ燃え方を実現した。更に、煙突配管仕様やペレットの保管状態などに違いがあった場合、最適燃焼をさせるためには吸気量を若干変える必要があるが、今回の小型版では制御内容と操作スイッチを改良し、微調整を可能とした。このことにより、煙突配管仕様やペレットの保管状態などの違いに対して燃焼制御にロバスト性を高めることができ、同等以上の燃焼性能を達成したと評価できる。機能としては、大型機と同じ耐震自動消化機能や、点火安全装置、過熱防止装置などの安全機能や最大 12h のタイマーなどの利便機能を持たせることができた。同等の機能を達成したと評価できる。

表 3. 小型ペレットストーブ: 目標達成度と評価

目標		弊社大型機	小型機(開発品)	達成度	評価
小型化	560×720×482	690×732×482	562×720×497	97%	○
	容積(195ℓ)	243.5	201(大型比▲42.5)		
軽量化	質量(60kg)	86	71(大型比▲15)	60%	△
同等の燃焼性能	燃焼方式	煙管熱交換方式	←	120% (ロバスト性の向上)	◎
	燃え方(炎サイズ)	燃焼皿(150×60)	←		
	タンク容量(kg)	12	12		
	燃料消費(kg/h)	2.0	2.0		
	発熱量(kcal/h)	8,600	8,600		
	熱効率	—	推定計算の不備(検討中)	0%	×
同等の機能	耐震自動消化	○	○	100%	○
	点火安全装置	○	○		
	加熱防止装置	○	○		
	ON/OFF タイマー	○(12h)	○(12h)		

小型軽量化の目標値及び達成値の市場に出回っている他社ストーブ(5社12基)との比較結果を示す。

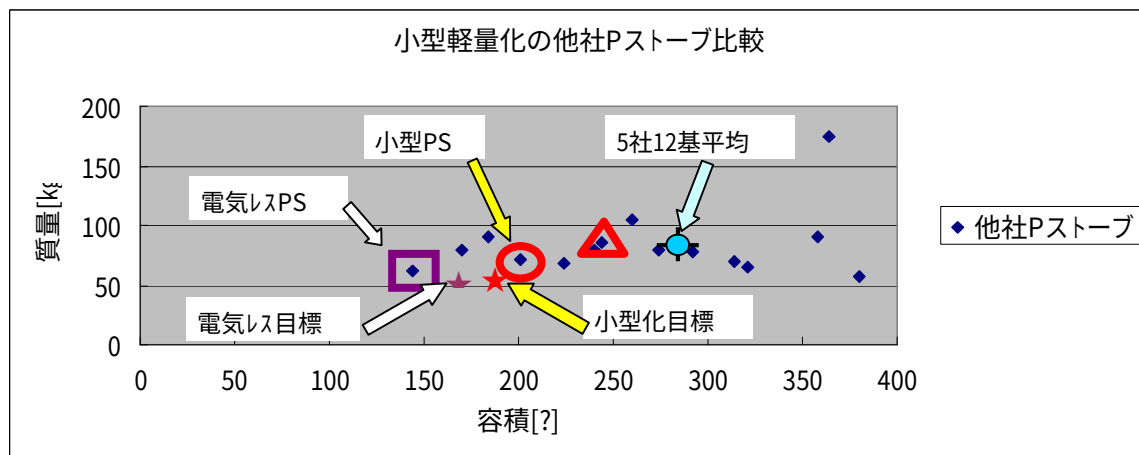


図 17. 小型軽量化の市販ストーブとの質量、容積(ℓ)比較

表 4. 小型軽量化の市販ストーブの質量、容積(ℓ)

記号		容積[ℓ]	質量[kg]
★	小型化目標	195	60
○	小型 PS	201	71
●	他社平均	281.8	86.5
△	弊社大型機	243.5	86
☆	電気レス目標	162.5	-
□	電気レス PS	144	62.5

B. 電気不要ペレットストーブの改良

小型化目標に対しては 10%程度過達できた。軽量化目標は立てていなかったがもう少し軽量化が望まれる。安定燃焼と実用性目標に対してはペレットの落下機構と燃焼皿構造、タンク容量に改良を加えたことで以前より安定した 10%程度大きな燃焼で 8 時間の連続燃焼が実現でき十分目標を達成したと評価できる。

表 4. 電気レス・ペレットストーブ: 目標達成度と評価

目標		電気レス PS-2	電気レス PS-3(開発品)	達成度	評価
小型化	500×650×500	430×680×460	426×678×498	111%	○
	容積(162.5ℓ)	144	134.5		
	質量(kg)	57.5	62.5		
安定 燃焼	燃焼方式	輻射自然対流式	←	100%	○
	ペレット供給	自然落下方式	←(機構改良)		◎
	燃え方(炎サイズ)	燃焼皿(86×86)	105×86 (より大きな炎)	122%	○
	燃料消費(kg/h)	1.3	1.5	115%	○
	発熱量(kcal/h)	5,600	6,450	115%	
	熱効率	—	推定計算の不備(検討中)	0%	×
実用性 (使い 勝手)	タンク容量(kg)	9	12	130%	◎
	連続燃焼時間	6.9h	8h	116%	○
	燃料の種類	ペレット、薪	←	100%	○
	排ガス浄化性	CO 約 500ppm	CO(生)400ppm 程度	100%	○

<追記> 2009.3.27

燃焼効率と熱効率について

1. 熱効率について

当初、排ガスの風速と温度、室内への吹出し温風の風速と温度、及び吸入空気の風速、温度を計測し、排ガス成分量から夫々の成分ごとの質量流量を算出し、夫々の温度での比熱から熱流量を求め、煙突からの排気熱量を損失熱量として、熱効率算出を試みたが、排ガス成分及び成分比率の推定が間違っていることとともに、中間報告時点で審査員の指摘もあり、熱効率の実験計測値からの推定を中断した。

ただ、今回開発した小型 PS 及び電気レス PS は 2 次空気導入による 2 次燃焼方式であり、どちらも 2 次空気導入で排ガス温度を下げるができる。従って、煙突からの大気放出熱を抑えることが出来るので、通常の 1 次燃焼方式よりも熱効率の向上が期待できると考えられる。

別な機会により精度の高い熱効率推定方法を見つけ出したいと考える。

2. 燃焼効率について

排ガス計測器の出力として燃焼効率があったので、開発した小型ペレットストーブ(PS)と電気レスペレットストーブ(PS)について燃焼効率を測定した。その結果及び考察を記す。

(1) 燃焼効率 η の計測結果<参考値>

測定日 2009 年 3 月 10 日

計測器 某社

	種類	燃焼効率 η	
A	電気式小型 PS	57.0%	参考値(←計測値に問題あり?)
B	電気レス PS	2 次空気導入時	74.4%
		2 次空気シャット時	79.2%
			比較試験として穴を塞いだ時

(2) 考察

計測器の燃焼効率算出式は以下である。

燃焼効率 $\eta = 100 - qA$

排ガス損失 $qA = (FT \cdot AT) \times (A2 / (21\% - O_2) + B)$

但し、FT: 排ガス温度(計測値)

AT: 燃焼用空気温度(計測値)

A2, B: 燃料固有係数

21%: 大気中 O_2 濃度

O_2 : 排ガス中の O_2 濃度(計測値)

ここで、2 次空気導入時の燃焼効率算出への影響を考える。又、小型 PS では 2 次空気導入の有無を切替えられないので、切替えの容易な電気レス PS の計測事例で考察する。燃焼効率 η は 100 から排ガス損失 qA を引いた値であり、 qA が小さければ η は大きくなる。排ガス損失 qA の式で分子側にある FT, AT, A2, B は計測値や固定値であり特に問題はないので、分母成分の $(21\% - O_2)$ に着目してみる。

O_2 計測値が大きければ qA の分母が小さくなり、 qA は大きく、従って燃焼効率 η は小さくなる。電気レス PS の吸気の流れは図 18 に示すように、ペレット燃焼に供給される吸気 a と途中から炎の部分に供給される吸気 b の 2 系統ある。

途中から供給された 2 次空気は直接ペレット燃焼には使われず、燃焼ガス中の酸化(CO 低減)や未燃物の再燃焼に使われるとともに、排ガス温度を押える方向に働く。計測部である排気煙突部では吸気 a と吸気 b に含まれる O_2 の合算値が計測され、燃焼効率算出式に適用される。

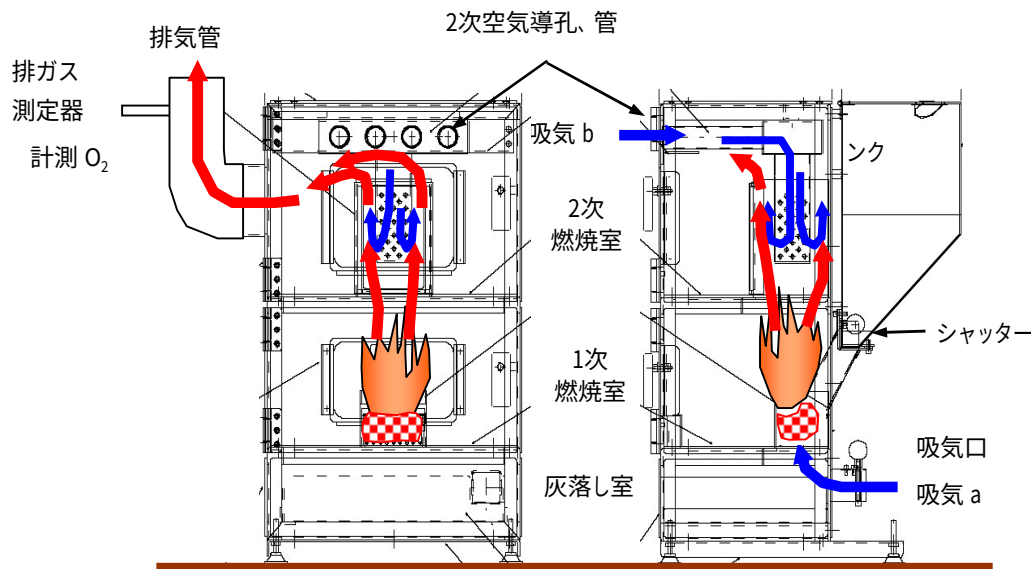


図 18. 電気レス・ペレットストーブ(PS) 排ガス計測

従って、下図の実験計測結果から見られるように、排ガス中の O_2 濃度は、2 次空気有りで 15%、無しで 12%と、2 次空気導入で排ガス中の O_2 濃度は 3%高く計測されている。

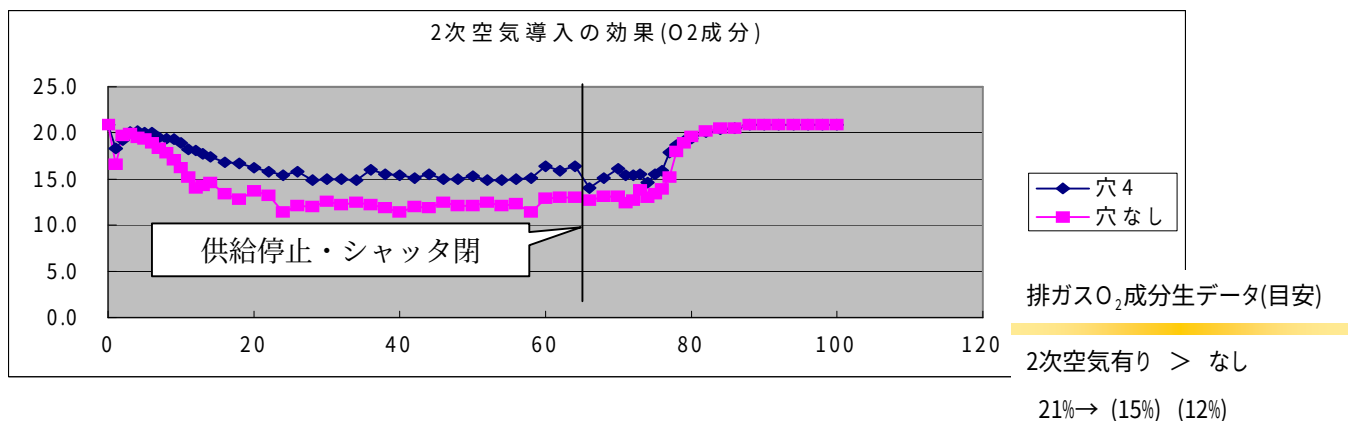


図 14-(c). 電気レス・ペレットストーブ: 2 次空気導入有無と排ガス O_2 成分

よって、2 次空気導入ありでは排ガス損失 q_A が大きくなり、おのずと燃焼効率 η は低くなる。従って、2 次空気導入型の開発した小型 PS、及び電気レス PS の燃焼効率 η は排ガス計測器で求めた値より高めになると推察できる。よって、計測結果は参考値とした。

排ガス計測器メーカーの人も、通常燃焼方式では問題ないが、2 次空気導入方式では上記燃焼効率算出式で求めるのは適正でないのでは、という見解であった。今後の課題としてとらえたい。

<資料-1> 使用計測器一覧

機種	メーカー	計測内容	備考
燃焼排ガス分析器 HT-1600N	ホダカ(株)	O ₂ 濃度 CO 濃度 排ガス温度	
赤外線放射温度計 SENTER350	MK Scientific, Inc	ストーブ表面温度	
温度計 THERMOMETER CT-2310	CUSTOM Corporation	参考値	
アネモスタ風速計 TYPE 6162 センサー 6162-004	日本カリマックス(株)	排気ガス風速 吸気風速 温風吹出口風速 2次空気導入口風速	
騒音計 DIGITAL SOUNDLEVEL METER GS-04	ビーズ(株)	ストーブ周辺騒音	

＜資料-2＞ 市販ペレットストーブ(5 社 11 基)の質量・容積(ℓ)データ一覧

製造メーカー名		商品名	容積 ℓ	質量 kg	幅 W	高さ H	奥行き D	Volume
(株)コスモテック		(カビネット)	243.5	86	690	732	482	243.4
		小型軽量化目標	194	60	560	720	482	194.3
		小型 PS(開発品)	201	71	562	720	497	201.1
		電気レス目標	134.5	-	430	680	460	134.5
		電気レス(開発品)	144	62.5	426	678	498	143.8
他社平均値	12	12 基平均	281.8	86.5				
金子農機(株)		ペレチカ	314	70	666	770	613	314.4
(有)シモタニ		コンコर्ट`オロコット	184	90	470	772	507	184.0
		コンコर्ट`エマーソン	170	80	480	663	535	170.3
(株)山本製作所		woody	380	57	870	930	470	380.3
		ペチカ禅	260	105	565	838	550	260.4
		ペチカ	224	68	570	757	520	224.4
		禅	364	175	670	740	735	364.4
(有)近藤鉄工		禅	274	80	515	765	695	273.8
		信州型	240	80	450	820	650	239.9
サンポット(株)		701 D F	321	65	900	700	510	321.3
		471 D F-1	292	78	580	950	530	292.0
		811 D F	358	90	490	1430	511	358.1